

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



# 4

0.7.

4/01/02

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 59 744.0

**Anmeldetag:** 01. Dezember 2000

**Anmelder/Inhaber:** KM Europa Metal Aktiengesellschaft,  
Osnabrück/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum gezielten Temperieren einer  
Gießrinne und Gießrinne zur Durchführung  
des Verfahrens

**IPC:** B 22 D 11/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. November 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dzierzon

## **Zusammenfassung**

### **Verfahren zum gezielten Temperieren einer Gießrinne und Gießrinne zur Durchführung des Verfahrens**

Zum gezielten Temperieren einer zwischen einem Vorratsgefäß (3) für eine aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehende Metallschmelze (2) und mindestens einer Stranggießkokille (6) eingegliederten Gießrinne (5) werden die Rinnenwandung (13) und der Rinnenboden (14) der Gießrinne (5) innenseitig mindestens teilweise mit einer einen spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-1} \Omega \cdot m$  bis  $10^{-6} \Omega \cdot m$  aufweisenden, gegen die Metallschmelze (2) hitzebeständigen Auskleidungsschicht (15) versehen. Die Auskleidungsschicht (15) wird mit einer um die Gießrinne (5) angeordneten elektrischen Heizvorrichtung induktiv erwärmt.

(Figur 1)

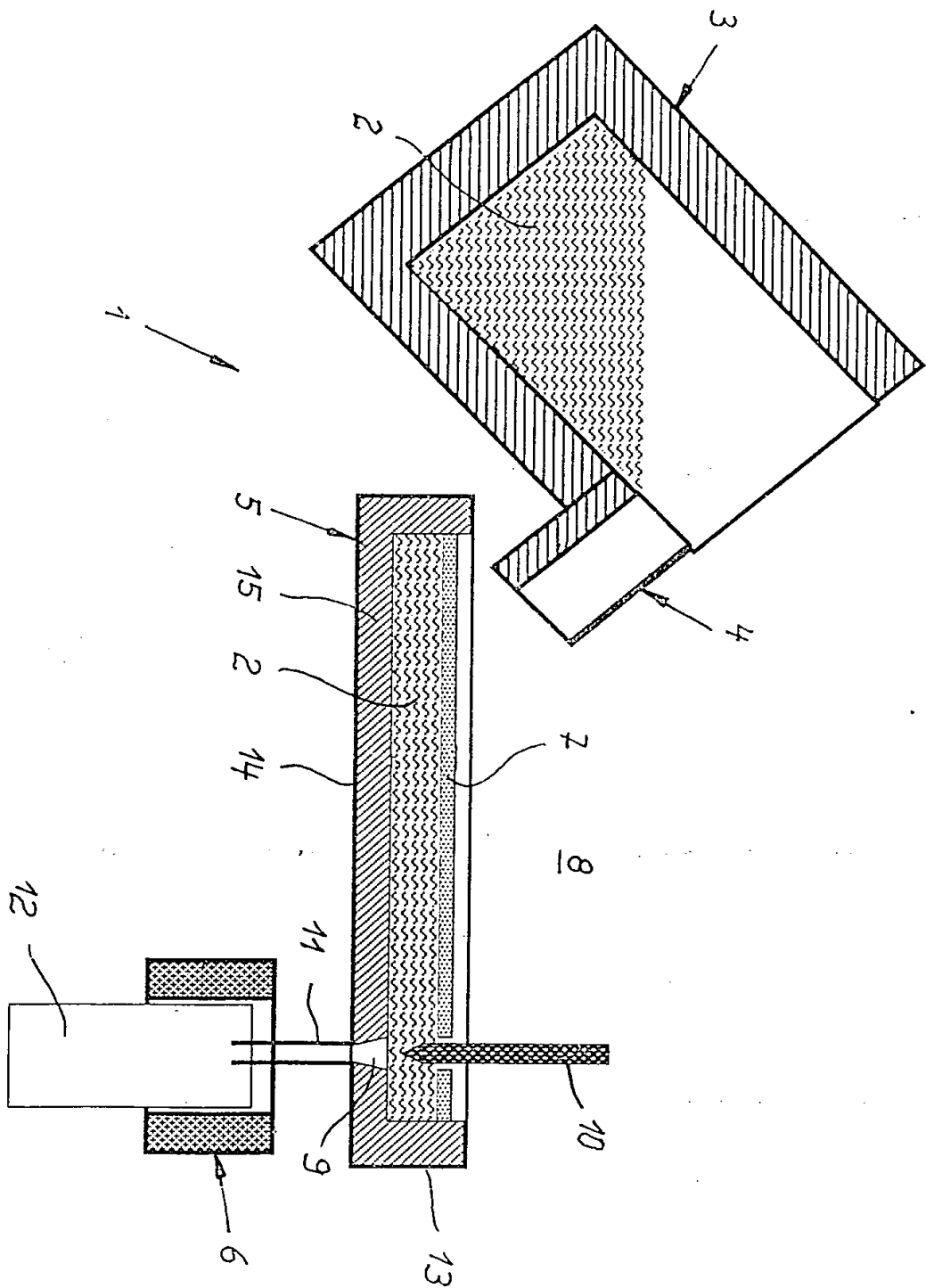


Fig. 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum gezielten Temperieren einer zwischen einem Vorratsgefäß (3) für eine aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehende Metallschmelze (2) und mindestens einer Stranggießkokille (6) eingegliederten Gießrinne (5), bei welchem die Rinnenwandung (13) und der Rinnenboden (14) der Gießrinne (5) innenseitig mindestens teilweise mit einer einen spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-1} \Omega \cdot m$  bis  $10^{-6} \Omega \cdot m$  aufweisenden, gegen die Metallschmelze (2) hitzebeständigen Auskleidungsschicht (15) versehen werden und die Auskleidungsschicht (15) von einer elektrischen Heizvorrichtung (16) induktiv erwärmt wird, die außerhalb der Auskleidungsschicht (15) angeordnet ist.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, bei welchem die induktive Temperierung der Auskleidungsschicht (15) gesteuert bzw. geregelt wird.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, bei welchem die Heizvorrichtung (16) mit einer Frequenz zwischen 100 Hz und 15000 Hz, vorzugsweise zwischen 1000 Hz und 8000 Hz, betrieben wird.
4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, bei welchem die Auskleidungsschicht (15) vor Gießbeginn auf eine Temperatur von mehr als 50%, vorzugsweise mehr als 80%, der Liquidustemperatur in °C der Metallschmelze (2) induktiv erwärmt wird.
5. Gießrinne zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, welche bei einem Verhältnis ihrer Länge (L) zu ihrer Breite (B) von  $\geq 3$  eine gegen die Metallschmelze (2) hitzebeständige innere Auskleidungsschicht (15)

mit einem spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-1} \Omega \cdot m$  und  $10^{-6} \Omega \cdot m$  sowie mit einer Dicke (D) in einem Bereich zwischen 9 mm und 150 mm aufweist, deren innere Oberfläche mindestens gleich einem Drittel der von der Metallschmelze (2) bedeckten inneren Oberfläche der Gießrinne (5) bemessen ist, wobei umfangsseitig wenigstens in Längsrichtung der Rinnenwandung (13) von elektrischem Strom (19) durchflossene und mit der Auskleidungsschicht (15) kombinierte Leiter einer Heizvorrichtung (16) angeordnet sind.

6. Gießrinne nach Patentanspruch 5, welche eine Auskleidungsschicht (15) mit einer Dicke (D) zwischen 20 mm und 80 mm besitzt.
7. Gießrinne nach Patentanspruch 5 oder 6, bei welcher die Auskleidungsschicht (15) aus Grafit, Tongrafit, Kohlenstoff oder Siliciumkohlenstoff bzw. aus einer Mischung mit zweien oder mehreren dieser Einzelkomponenten besteht.

### **Verfahren zum gezielten Temperieren einer Gießrinne und Gießrinne zur Durchführung des Verfahrens**

Die Arbeitsplatzbelastung an einer Stranggießanlage für aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehende Metallschmelzen steht mindestens teilweise in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Aufheizen der Gießrinne der Stranggießanlage. Die Gießrinne ist derjenige Teil, in welcher die Metallschmelze von einem Vorratsgefäß, wie z.B. ein Schmelz- oder Vergießofen bzw. eine Pfanne, zu einer Stranggießkokille strömt, wo die Metallschmelze dann zu einem Metallstrang erstarrt.

Es ist notwendig, die Gießrinne vor dem Start des Stranggießprozesses und damit vor dem Befüllen mit der Metallschmelze intensiv zu erwärmen. Nur dann kann sichergestellt werden, daß die Metallschmelze ohne vorzeitiges Erstarren ordnungsgemäß zur Stranggießkokille gelangt.

Es zählt zum Stand der Technik, eine Gießrinne beim Vergießen von Metallschmelzen aus Kupfer oder Kupferlegierungen mit Gasbrennern zu erwärmen. Dieser Vorgang ist mit einem akzeptablen technischen Aufwand und mit relativ hohen Aufwärmgeschwindigkeiten durchführbar.

Das Aufwärmen mit Gasbrennern hat aber dennoch eine Reihe von Nachteilen. Diesbezüglich wäre zunächst die erhebliche Geräuschentwicklung anzuführen, deren Ursache die hohe Geschwindigkeit der aus den Brennerdüsen austretenden

Brenngase ist. Ferner werden aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten der Brenngase im Brennerbereich und aufgrund der Thermik Staubpartikel in Form von Schlacketeilchen, verزندertem Gußmetall, flüchtigen Bestandteilen von in der Gießrinne anhaftenden Schmelzeresten oder pulverförmigen Abdeckmitteln aufgewirbelt und gelangen dann wenigstens teilweise in die Umgebung der Stranggießanlage, wo sie zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung der dort Beschäftigten führen können. Darüber hinaus schlagen die heißen Flammen der Gasbrenner in der Regel aus der Gießrinne und tragen so zu einer nennenswerten Arbeitsplatzbelastung durch Hitze bei.

Ein weiteres Problem bei der Verwendung von Gasbrennern ist die Genauigkeit der Regelung der Temperatur der Wandung der Gießrinne.

In der zu erwärmenden Gießrinne liegt vor dem Prozeßstart nicht immer überall exakt eine gleiche Temperatur ihrer Wandung vor, da die Brennerflammen selber ebenfalls nicht überall dieselben Temperaturen besitzen. Dieser Sachverhalt resultiert aus der Existenz von lokal unterschiedlichen Verbrennungszonen mit voneinander abweichenden Temperaturen innerhalb jeder Brennerflamme. Hieraus ergeben sich örtlich unterschiedliche Temperaturen an der Wandung der Gießrinne. Die Lage der unterschiedlichen Temperaturzonen hängt von der Flammenführung innerhalb des Verbrennungsraums ab. Die Flammenführung wiederum ist im Detail zu einem wesentlichen Teil die Folge der Geometrie des Verbrennungsraums und der Gasbrenner. Im Fall der Gießrinne ist der Verbrennungsraum die Gießrinne, deren Profil Änderungen unterliegen kann, und zwar durch den Verschleiß der Auskleidung oder Rinnenabdeckung infolge der Einwirkung durch Hitze und Metallschmelze sowie durch Anbackungen von Metallschlacken und Metallkrusten. Die Brennerdüsen unterliegen ebenfalls einem Verschleiß durch die Hitzeeinwirkung.

Aufgrund der vorstehend geschilderten lokalen Ungleichmäßigkeiten ist mithin die Temperatur der Wandung der Gießrinne nicht reproduzierbar sicher genau so einzustellen, daß sich insgesamt zu jedem Angießvorgang genau die gleiche mittlere Wandtemperatur ergibt. Dieses hat zur Folge, daß die während des Angießvorgangs durch die Gießrinne strömende Metallschmelze bei den unterschiedlichen Güssen in unterschiedlicher Weise Wärme an die Wandung abgibt und/oder von dieser aufnimmt.

Auch läßt sich die Temperatur der Metallschmelze innerhalb der Gießrinne durch die direkte Beaufschlagung der Metallschmelze mit Gasbrennern nicht hinreichend schnell regeln, da beispielsweise der Wärmeübergang an der Grenzfläche Brennerflammen/Metallschmelze nicht groß genug ist.

In der Praxis ist es daher so, daß meistens die Metallschmelze beim Hindurchströmen durch die Gießrinne Wärme abgibt. Das Ausmaß der Abkühlung der Metallschmelze ist zu Beginn des Gießens in der Regel größer als später, wenn sich die Wandung der Gießrinne durch die Wärmeaufnahme aus der Metallschmelze gleichmäßig erwärmt hat. Dieses führt dazu, daß der Erstarrungsprozeß in der Stranggießkokille von Temperaturen der Metallschmelze ausgeht, die sich während des Gießprozesses ändern und die einer Regelung nicht so ohne weiteres zugänglich sind.

Hiermit sind weitere nachteilige Auswirkungen verbunden.

Während der Abkühlung erfährt die vergossene Metallschmelze in Form des Metallstrangs naturgemäß eine Volumenkontraktion. Da die Abkühlung im Inneren des Metallstrangs im Vergleich zu den oberflächennahen Bereichen zwangsläufig unterschiedlich verläuft, ergeben sich hieraus innere mechanische Spannungen im Metallstrang, welche die Verarbeitbarkeit des vom Metallstrang bereit gestellten Materials in unterschiedlichem Ausmaß beeinflussen.



So kann es beim Überschreiten der Materialfestigkeit zu Rissen innerhalb des zu verarbeitenden Materials kommen, was in vielen Fällen zu Fertigungsproblemen oder zu nachteiligen Eigenschaften der Endprodukte führt. Auch ist die Umformbarkeit des Materials nicht gleichbleibend, da diese von den inneren Spannungen im Metallstrang abhängt. Dies führt dazu, daß der Verarbeitungsprozeß im Hinblick auf eine fehlerfreie Fertigung so ausgelegt sein muß, daß auch Material mit ungünstigeren Spannungszuständen bzw. einer geringeren Umformbarkeit noch verarbeitbar ist. Dies bedingt jedoch wirtschaftliche Einschränkungen der Verarbeitung.

Zum Stand der Technik gehören weitere Erwärmungsmethoden, die in unterschiedlichen Anwendungsfällen für metallurgische Rinnen angewendet werden. Unter Einsatz dieser Erwärmungsmethoden können zumindest einige der Probleme vermieden werden, die für eine Beheizung mit Gasbrennern kennzeichnend sind.

So ist z.B. das Beheizen von Abgießrinnen von Vakuumöfen mit einer darüber angeordneten Strahlungsheizung bekannt. Diese beruht auf glühenden Metalldrähten und ist üblich bei Vakuum-Schmelz- und Gießanlagen. Strahlungsheizungen besitzen indessen nur eine relativ geringe Leistungsdichte, so daß das Erwärmen einer Gießrinne als Bestandteil einer Stranggießanlage wesentlich länger dauert als mit Gasbrennern. Sie sind daher im Prinzip ausschließlich für solche Anwendungsfälle geeignet, bei denen ausreichend Zeit zur Erwärmung zur Verfügung steht. Außerdem ist festzuhalten, daß eine Regelung der Temperatur einer fließenden Metallschmelze unter den Bedingungen eines industriell betriebenen Produktionsprozesses mit Durchsätzen von mehreren Tonnen pro Stunde wegen der geringen Leistungsdichte nicht möglich ist.

Andere Strahlungsheizungen verwenden glühende Siliziumkohlenstoffstäbe. Auch hier besteht der grundsätzliche Nachteil einer geringen Strahlungsdichte mit den vorstehend beschriebenen negativen Auswirkungen. Da Siliziumkohlenstoff an Luft relativ schnell oxidiert und zerstört wird, ist darüber hinaus die Lebensdauer solcher Heizstäbe relativ gering. Hinzu kommt, daß sie sehr empfindlich auf mechanische Beanspruchungen reagieren und somit leicht zerbrechen können. Im Zusammenhang mit der Erwärmung von Gießrinnen als Bestandteile von Stranggießanlagen sind sie daher nicht geeignet.

Darüber hinaus ist das induktive Erwärmen von Metallen eine weit verbreitete Technik. Sie wird häufig in Induktions-Schmelzöfen eingesetzt. Auch die induktive Erwärmung einer Metallschmelze unmittelbar vor der Stranggießkokille einer Stranggießanlage ist bekannt.

So beschreibt die FR-PS 1.465.577 eine Vorrichtung, bei der die Metallschmelze aus einem Vorratsbehälter während des Stranggießens durch eine dichte rohrförmige feuerfeste Zuleitung zu einer Stranggießkokille strömt und dabei induktiv erwärmt wird. Das Zuführungsrohr ist geschlossen und nur an den Enden offen, wodurch die Metallschmelze vor einer Reaktion mit der Umgebungsluft geschützt werden soll.

Eine derartige Vorrichtung ist aber nur für solche spezielle Gießanlagen geeignet, bei denen eine dichte Verbindung zwischen der Zuführung der Metallschmelze und der Stranggießkokille besteht. Ihre Anwendung bei einem beim Stranggießen von Kupfer oder Kupferlegierungen üblichen Gießprozeß, wo die Stranggießkokille separat angeordnet ist und der Füllstand in der Stranggießkokille visuell kontrolliert werden kann, ist hierdurch nicht abgedeckt. Nachteilig ist außerdem, daß die Stranggießkokille wegen der dichten Ankopplung an eine geschlossene Zuführung für die Metallschmelze schlecht zugänglich ist. Es ist nämlich notwendig, von Zeit zu Zeit die Kokillenwände nach dem Gießen von unerwünschten Schlackeanhaftungen usw. zu reinigen.

In der FR-PS 1.319.891 ist ein Tundish einer Stranggießanlage, insbesondere für das Stranggießen von Stahl, beschrieben, der mit einer umfangsseitigen induktiven Spule versehen ist. Diese Spule nimmt zwei Funktionen wahr, und zwar stets gleichzeitig. Zum einen wird durch die Spule die Metallschmelze in ganz bestimmte rotierende Bewegungen zum Zwecke einer verbesserten Raffination versetzt. Dazu werden der Stahlschmelze noch bestimmte Legierungselemente zugesetzt, die zu chemischen Reaktionen und Reaktionsprodukten führen, welche für die Verarbeitung von flüssigem Stahl bezeichnend sind. Diese intensive und charakteristische rotierende Schmelzebewegung wird mit einer Frequenz von 50 bis 60 Hertz erzielt. Die andere Funktion ist die Erwärmung der Metallschmelze durch Ströme, die innerhalb der Metallschmelze erzeugt werden.

Der Gedanke der französischen Patentschrift ist demzufolge nicht für die Erwärmung einer noch leeren Gießrinne zwischen einem Vorratsgefäß und einer Stranggießkille geeignet. Da die Gießrinne keine Metallschmelze enthält, sind auch keine Induktionsfelder ankoppelbar. Des weiteren ist dieser Vorschlag nicht für solche Metallschmelzen sinnvoll anwendbar, die beim Durchströmen durch eine Gießrinne gerade nicht intensiv umgewälzt werden sollen. Ein möglichst ruhiges Strömen ist jedoch in vielen Fällen beim Vergießen von aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehenden Metallschmelzen erwünscht, da sich dann von der Metallschmelze mitgerissene Partikel absetzen können und unerwünschte Reaktionen mit der Umgebungsluft vermieden werden.

Für Gießrinnen beim Stahlstranggießen werden überdies in einigen Fällen Plasmaheizungen verwendet, um die leere Gießrinne bzw. einen Tundish für den Prozeßstart vorzuwärmen. Durch die relativ hohen Temperaturen des Plasmas ergeben sich zwar brauchbare Aufheizzeiten. Auch kann diese Art der Erwärmung während des Gießens verwendet werden, um die Temperatur der Metallschmelze genauer einzustellen, wenn sie durch die Gießrinne strömt. Nachteilig an diesem

Verfahren ist jedoch, daß durch die sehr hohen Temperaturen des Plasmas Metall verdampfen kann. Metalldämpfe sind aber insbesondere bei Metallen mit erhöhtem Dampfdruck problematisch. Für Kupfer und Kupferlegierungen sind demzufolge Plasmaheizungen wegen der Verdampfung von Kupfer und bestimmten leicht flüchtigen Legierungselementen, wie z.B. Zink und Blei, ungünstig und daher negativ.

Schließlich zählt es noch zum Stand der Technik, eine Metallschmelze durch ein induktives Wanderfeld durch eine Rinne zu fördern (DE-PS 2 212 924). Dieses Fördern kann auch gegen die Schwerkraft erfolgen. Damit die Metallschmelze gefördert werden kann, werden spezielle Linear-Induktoren unterhalb der Förderrinne angebracht. Die Förderrinne selbst besitzt eine elektrisch nicht leitende Auskleidung. Derartige unter dem Einfluß eines induktiven Wanderfelds stehende Förderrinnen sind geeignet, um die durch die Förderrinnen fließenden Metallschmelzen zu erwärmen, wobei sich die Erwärmung immer als Nebenprodukt bei der Schmelzeförderung ergibt. Folglich stehen bei derartigen Förderrinnen die Förderleistung und die Erwärmung der Metallschmelze jeweils in einem bestimmten anwendungsspezifischen Verhältnis, z.B. abhängig von der Förderhöhe.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum gezielten Temperieren einer zwischen einem Vorratsgefäß für eine aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehenden Metallschmelze und mindestens einer Stranggießkokille eingegliederten Gießrinne sowie eine Gießrinne zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, womit der Gießprozeß mit möglichst konstanten Prozeßparametern in einem günstigen Prozeßfenster betrieben und Schwankungen der Temperatur der Metallschmelze vermieden werden können, so daß Fertigungsprobleme bei der Verarbeitung von Material aus einem abgegossenen Metallstrang mit den damit verbundenen nachteiligen Eigenschaften der Endprodukte weitgehend ausgeschlossen werden können.

Was die Lösung des verfahrensmäßigen Teils der Aufgabe anlangt, so besteht diese entsprechend der Erfindung in den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung erlaubt es nunmehr erstmals, Gießbrinnen als Bestandteile von Stranggießanlagen für aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehende Metallschmelzen im leeren Zustand auf induktivem Weg zu erwärmen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es unerheblich, ob die Gießrinne die Metallschmelze zu einer Stranggießkokille oder bei einer Mehrfachstranggießanlage zu mehreren Stranggießkokillen leitet. Auch ist eine Förderung der Metallschmelze in der Gießrinne nicht notwendig, da sich das Niveau der Oberfläche der Metallschmelze in Fließrichtung aufgrund der Erdanziehung verringert.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Rinnenwandung und der Rinnenboden der Gießrinne innenseitig mindestens teilweise mit einer einen spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-1} \Omega \cdot m$  bis  $10^{-6} \Omega \cdot m$  aufweisenden Auskleidungsschicht versehen, deren Charakter darüber hinaus so gestaltet ist, daß sie gegen die Metallschmelze ausreichend hitzebeständig ist.

Des weiteren wird die Auskleidungsschicht mit einer um die Gießrinne angeordneten elektrischen Heizvorrichtung kombiniert.

Hierbei wird eine solche Auskleidungsschicht gewählt, deren Leitfähigkeit genügend hoch ist, damit ausreichend induktiv erzeugte Heizströme fließen können. Darüber hinaus wird die an die Heizvorrichtung induktiv ankoppelnde Auskleidungsschicht bestimmt geometrisch gestaltet, um genügend Heizleistung induzieren zu können. Auch wird die Auskleidungsschicht so gewählt, daß sie eine hinreichend große Fläche des die Metallschmelze aufnehmenden Raums in der Gießrinne bedeckt, um eine ausreichende Erwärmung sicherzustellen.

Ein derartiges Verfahren weist eine Reihe von Vorteilen auf. Die induktive Erwärmung hält die Arbeitsplatzbelastung durch Lärm, Staub und Hitze deutlich geringer, als bei einer Erwärmung mit Gasbrennern. Gleichzeitig ermöglicht sie eine gleichmäßige Temperatur der Wandung. Folglich ist die Temperatur der leeren Gießrinne beim Erwärmen reproduzierbar gut einzustellen. Die Auswirkung dieser Verfahrensweise ist, daß der Wärmeaustausch zwischen der Metallschmelze und der Wandung beim anschließenden Füllen der Gießrinne mit der Metallschmelze und beim Angießen besser gesteuert werden kann. Entsprechend läßt sich dann auch das Prozeßfenster der optimalen Prozeßparameter reproduzierbar sicher erreichen.

Neben der gezielten gleichmäßigen Erwärmung der leeren Gießrinne ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren ferner, nach dem Füllen der Gießrinne mit der Metallschmelze Temperaturschwankungen der Metallschmelze auszugleichen. Dazu dienen insbesondere die Merkmale des Patentanspruchs 2, wonach die induktive Temperierung der Auskleidungsschicht gesteuert bzw. geregelt wird.

Dazu kann beispielsweise die Temperatur der Metallschmelze kontinuierlich durch Temperaturfühler, wie z.B. in die Metallschmelze eintauchende Thermoelemente, gemessen werden. Durch einen Regelkreis wird dann die Heizleistung der induktiven Heizvorrichtung zu jedem Augenblick so eingeregelt, daß die Temperatur der Metallschmelze nach dem Durchströmen der Gießrinne nahezu konstant ist. Dies führt zu einem nahezu gleichförmigen Prozeßablauf mit besonders geringen Schwankungen, was die reproduzierbare Einstellung eines überaus gleichmäßigen Erstarrungsgefüges des Metallstrangs ermöglicht, an welche somit die späteren Umform- und Bearbeitungsprozesse des vom Metallstrang abgeteilten Materials in optimaler Weise angepaßt werden können.

Beim Stranggießen von Metallschmelzen aus Kupfer und Kupferlegierungen sind in der Regel anders als bei den zum Stand der Technik erwähnten Beispielen starke Turbulenzen einer Metallschmelze innerhalb der Gießrinne unerwünscht. Ein Kontakt der Metallschmelze mit der Umgebungsluft würde nämlich ungünstige Auswirkungen auf die Eigenschaften der Metallschmelze besitzen. Ein Aufschwimmen von mitgerissenen und unerwünschten Partikeln wird auch durch Turbulenzen erschwert. Folglich wird die Heizvorrichtung zu diesem Zweck so ausgelegt, daß entsprechend den Merkmalen des Patentanspruchs 3 aufgrund der jeweils verwendeten Frequenz der überwiegende Anteil der induzierten Leistung innerhalb der Auskleidungsschicht in Wärme umgesetzt wird. Die Aufheizung der Metallschmelze erfolgt dann durch konduktiven Wärmetransport von der Wandung in die Metallschmelze.

Des weiteren hat die Erfindung erkannt, daß eine wichtige Voraussetzung für ein gutes Ergebnis beim Starten des Gießprozesses eine gleichmäßig hohe Gießtemperatur der Gießrinne ist, die reproduzierbar einzustellen und möglichst nah am Schmelzpunkt der jeweiligen Metallschmelze liegt. Die Temperatur der Auskleidungsschicht der Gießrinne sollte mithin entsprechend den Merkmalen des Patentanspruchs 4 vor Gießbeginn auf eine Größenordnung von mehr als 50 %, vorzugsweise mehr als 80 %, der Liquidustemperatur in °C der Metallschmelze induktiv erwärmt werden. Mit einer induktiv erwärmbaren Gießrinne ist diese Vorgehensweise sicher und innerhalb akzeptabler Aufwärmzeiten zu gewährleisten.

Interne Versuche haben außerdem ergeben, daß bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens überraschenderweise weitere Vorteile mit großer zeitlicher Verzögerung eintreten, die den anschließenden eigentlichen Gießprozeß betreffen, welcher der Aufwärmphase und dem Anfahren des Prozesses folgt.

Die Qualität des im Stranggießverfahren gewonnenen Materials ist unter anderem von der Anzahl an Gußfehlern, wie Poren, interne Gefügearrisse, Einschlüsse und andere Gefügefehler, abhängig. Die Versuche zeigen hier überraschend, daß die Qualität des Gußgefüges nicht nur unmittelbar nach dem Angießen innerhalb etwa der ersten 40 cm eines Gußblocks, sondern auch noch deutlich später, z.B. nach mehr als einem weiteren Meter Gußlänge, besser ist, als wenn eine Gießrinne mit Gasbrennern erwärmt wurde. Der Grund hierfür wird seitens der Erfindung darin gesehen, daß durch die induktive Erwärmung der Gießrinne relativ früh ein Prozeßzustand mit einer verbesserten Stabilität erreicht wird.

Auch hat sich gezeigt, daß die Geschwindigkeit während der Anfahrphase bis zu etwa 20 % gesteigert werden konnte.

Bislang wird der Gießprozeß mit geringer Abziehgeschwindigkeit gestartet, da insbesondere im Fußbereich Ungängen im Gußgefüge, wie Poren oder Risse, auftreten können. In vielen Fällen war die Gießgeschwindigkeit dadurch begrenzt, daß bei der Abkühlung im Gußblock innere mechanische Spannungen auftreten, die mit zunehmender Gießgeschwindigkeit ansteigen und schließlich oberhalb einer bestimmten kritischen Geschwindigkeit zu Rissen führen, wenn die inneren Spannungen die Materialfestigkeit überschreiten.

Während des Startens des Prozesses ist der Erstarrungsverlauf noch relativ weit vom stationären Zustand entfernt, der – abhängig vom zu vergießenden Format – häufig erst nach 0,5 m bis 2 m erreicht wird. Daher wird die Abziehgeschwindigkeit allmählich oder stufenweise gesteigert, wobei darauf geachtet wurde, daß die kritische Gießgeschwindigkeit nicht erreicht wird.

Erfindungsgemäß besteht nun dank der induktiven Erwärmung der Gießrinne die Möglichkeit, diese kritische Geschwindigkeit während der Anfahrphase zu höheren Werten zu verschieben. Hierbei spielen nach Kenntnis der Erfindung die geringere



Verunreinigung der Metallschmelze bei induktiver Erwärmung im Vergleich zum Heizen mit Verbrennungsgasen und die insgesamt gleichmäßigere Temperaturführung beim Erwärmen und Angießen eine wesentliche Rolle, da auf diese Weise relativ sicher ein reproduzierbar definierter Prozeßzustand erreicht wird. Auch kann durch die kontrollierte induktive Erwärmung der Wandung der Gießrinne während des Gießprozesses das optimale Prozeßfenster exakter eingestellt werden, wenn hierzu ein Regelkreis benutzt wird, bei dem die Temperatur der Metallschmelze kontinuierlich gemessen und durch die induktive Heizvorrichtung geregelt wird.

Hinsichtlich des gegenständlichen Teils der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe wird die Lösung in den Merkmalen des Patentanspruchs 5 erblickt.

Der Einfluß einer schwankenden oder unregelmäßigen mittleren Wandtemperatur ist dann besonders störend, wenn das Verhältnis der Wandoberfläche zum Rinnenvolumen vergleichsweise groß ist. So ist der Einfluß der unterschiedlichen Wandtemperaturen z.B. bei einer langgestreckten schmalen Gießrinne besonders hoch und bei einer kompakten kurzen, breiten und tiefen Gießrinne entsprechend niedriger. Die Erfindung sieht daher vor, daß das Verhältnis der Länge der Gießrinne zu ihrer Breite  $\geq 3$  ist. Diese Abmessungen sind an die maximalen Abmessungen des Bereichs der Gießrinne angepaßt, welche mit der Metallschmelze in Berührung kommen.

Vorteilhaft erstreckt sich die elektrische Heizvorrichtung in Form einer Induktionsspule in horizontaler Ebene um die Gießrinne, wobei die Spulenachse senkrecht zur Längsachse der Gießrinne angeordnet ist. Hierbei ist es jedoch wesentlich, daß die Gießrinne von oben gut zugänglich ist, da die Metallschmelze mit Abdeckmitteln abgedeckt werden muß und die Gießrinne meistens nach einem Guß von Metallresten zu reinigen ist.

Die Auskleidungsschicht, die induktiv an die Heizvorrichtung ankoppelt, genügt gezielt bestimmten geometrischen Anforderungen, damit eine ausreichende Heizleistung induziert werden kann. So sieht die Erfindung vor, daß die Dicke der Auskleidungsschicht sich in einem Bereich zwischen 9 mm und 150 mm bewegt.

Entsprechend den Merkmalen des Patentanspruchs 6 ist es besonders vorteilhaft, wenn die Auskleidungsschicht eine Dicke zwischen 20 mm und 80 mm aufweist.

Nach der Erfindung hat sich entsprechend den Merkmalen des Patentanspruchs 7 als zweckmäßig herausgestellt, wenn die hitzebeständige innere Auskleidungsschicht aus einem Material wie beispielsweise Grafit, Tongrafit, Kohlenstoff oder Siliziumkohlenstoff bzw. aus einer Mischung mit zweien oder mehreren dieser Einzelkomponenten besteht.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1      im schematischen vertikalen Längsschnitt eine Stranggießanlage;
- Figur 2      eine schematische Draufsicht auf die Gießrinne der Stranggießanlage der Figur 1;
- Figur 3      einen vertikalen Längsschnitt durch die Gießrinne der Figur 2 entlang der Linie III-III in Richtung der Pfeile IIIa gesehen;
- Figur 4      einen vertikalen Querschnitt durch die Darstellung der Figur 2 entlang der Linie IV-IV in Richtung der Pfeile IVa gesehen und
- Figuren  
5 bis 9      schematische Querschnitte der Gießrinne gemäß den Figuren 1 bis 3 mit diversen Fließrichtungen eines induzierten elektrischen Stroms.

Die in der Figur 1 schematisch veranschaulichte Stranggießanlage 1 für eine aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehende Metallschmelze 2 umfaßt zunächst einen kippbaren Ofen 3 mit Gießschnauze 4. Ferner umfaßt die Stranggießanlage 1 eine Gießrinne 5 als Verbindungsglied zwischen dem Ofen 3 und einer Stranggießkokille 6. Die Gießrinne 5 hat, wie aus den Figuren 2 und 3 näher zu erkennen ist, eine innere Länge L, die im Verhältnis zu der inneren Breite  $B \geq 3$  bemessen ist.

In der Gießrinne 5 befindet sich aus dem Ofen 3 abgegossene Metallschmelze 2, welche von einem Abdeckmittel 7 zur Umgebung 8 hin abgeschirmt ist.

An dem dem Ofen 3 abgewandten Ende der Gießrinne 5 ist eine Abflußöffnung 9 vorgesehen, die durch einen Stopfen 10 verschließbar ist. Über die Abflußöffnung 9 und ein sich anschließendes Zuführrohr 11 wird die Metallschmelze 2 in die Stranggießkokille 6 geleitet, wo sie zu einem Metallstrang 12 erstarrt.

Wie die Figuren 1 bis 4 ferner erkennen lassen, sind die Rinnenwandung 13 und der Rinnenboden 14 der Gießrinne 5 mit einer gegen die Metallschmelze 2 hitzebeständigen inneren Auskleidungsschicht 15 versehen, die aus Grafit, Tongrafit, Kohlenstoff oder Siliciumkohlenstoff bzw. aus einer Mischung mit zweien oder mehreren dieser Einzelkomponenten bestehen kann. Die Dicke D der Auskleidungsschicht 15 bewegt sich zwischen 20 mm und 80 mm. Das Material der Auskleidungsschicht 15 weist einen spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-1} \Omega \cdot m$  und  $10^{-6} \Omega \cdot m$  auf.

Die Auskleidungsschicht 15 bedeckt einen Flächenanteil der Rinnenwandung 13 und des Rinnenbodens 14 von mindestens einem Drittel derjenigen inneren Oberfläche der Gießrinne 5, die von der Metallschmelze 2 kontaktiert ist. Vorzugsweise bedeckt die Auskleidungsschicht 15 mehr als die Hälfte der inneren Oberfläche der Gießrinne 5.

Die Auskleidungsschicht 15 wird mit einer um die Gießrinne 5 gemäß den Figuren 2 bis 4 angeordneten elektrischen Heizvorrichtung 16 erwärmt. Die stromdurchflossenen Leiter der Heizvorrichtung 16 erstrecken sich weitgehend entlang der Seitenwände 17 sowie der Stirnwände 18 der Gießrinne 5.

Die Heizvorrichtung 16 wird mit einer Frequenz vorzugsweise zwischen 1000 Hertz und 8000 Hertz betrieben. Das Erwärmen der leeren Gießrinne 5 sowie auch der Metallschmelze 2 wird gezielt gesteuert bzw. geregelt, um auf diese Weise eine gleichmäßige Erwärmung der leeren Gießrinne 5 und bei befüllter Gießrinne 5 eine möglichst geringe Bewegung der Metallschmelze 2 innerhalb der Gießrinne 5 zu gewährleisten.

Für das induktive Erwärmen der leeren Gießrinne 5 als auch für die Erwärmung der Metallschmelze 2 ist es von untergeordneter Bedeutung, in welcher Richtung die Ströme in der elektrisch leitfähigen Auskleidungsschicht 15 fließen.

Gemäß Figur 5 ist z.B. auf der linken Seite der induzierte Strom 19 in der Auskleidungsschicht 15 vom Betrachter weg fließend dargestellt. Auf der rechten Seite fließt der in der Auskleidungsschicht induzierte Strom 19 auf den Betrachter zu.

Umgekehrt ist der Stromfluß gemäß der Ausführungsform der Figur 6.

In der Ausführungsform der Figur 7 fließt der induzierte Strom 19 durch die Wände und den Boden der Auskleidungsschicht 15 entgegen dem Uhrzeigersinn, während er bei der Ausführungsform der Figur 8 im Uhrzeigersinn fließt.

Bei der Ausführungsform der Figur 9 fließt der induzierte Strom 19 nur in den Wänden der Auskleidungsschicht 15, und zwar wie dargestellt im Uhrzeigersinn. Er kann aber auch gegen den Uhrzeigersinn oder in beiden Wänden entgegengesetzt fließen.

### Bezugszeichenaufstellung

- 1 - Stranggießanlage
- 2 - Metallschmelze
- 3 - Ofen
- 4 - Gießschnauze
- 5 - Gießrinne
- 6 - Stranggießkokille
- 7 - Abdeckmittel
- 8 - Umgebung
- 9 - Abflußöffnung
- 10 - Stopfen
- 11 - Zuführrohr
- 12 - Metallstrang
- 13 - Rinnenwandung
- 14 - Rinnenboden
- 15 - Auskleidungsschicht
- 16 - Heizvorrichtung
- 17 - Seitenwände v. 5
- 18 - Stirnwände v. 5
- 19 - Strom

B - innere Breite v. 5

D - Dicke v. 15

L - innere Länge v. 5

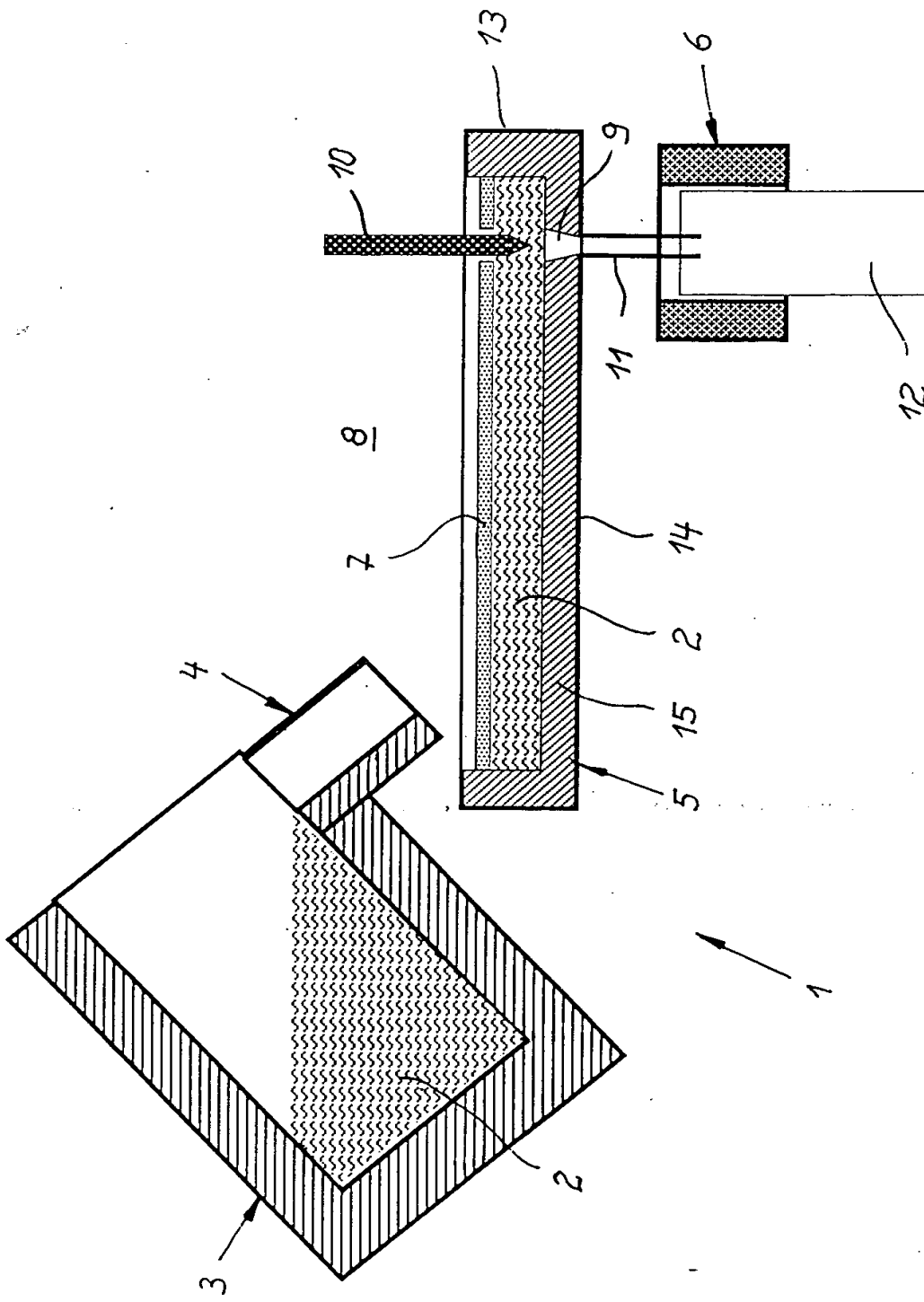


Fig. 1

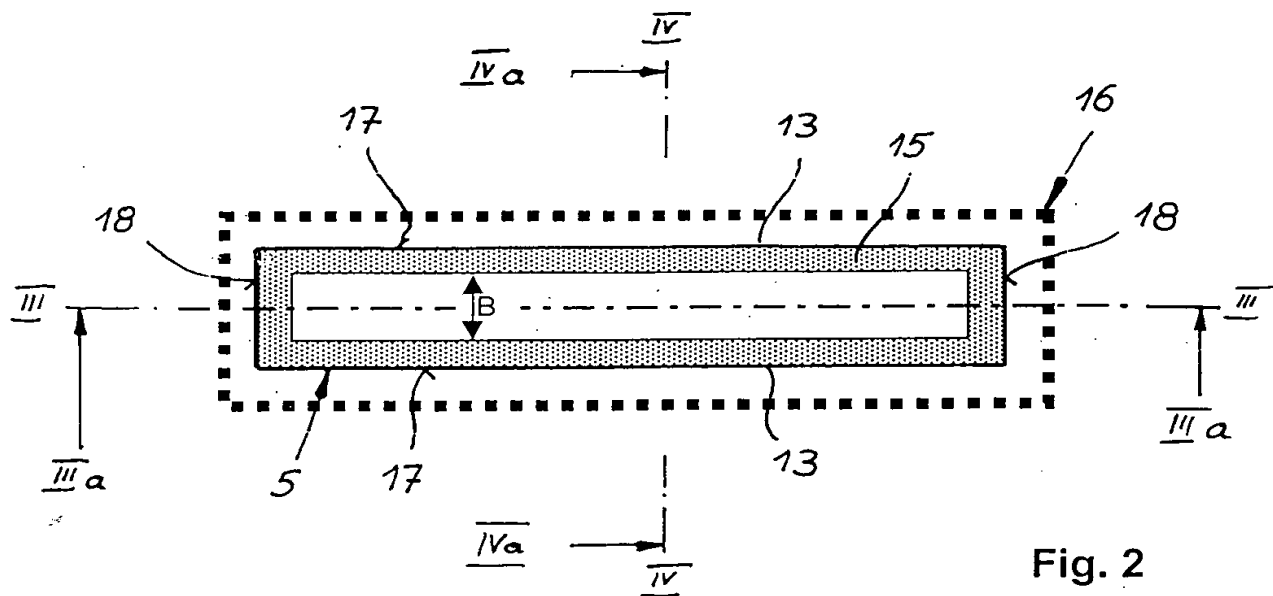


Fig. 2

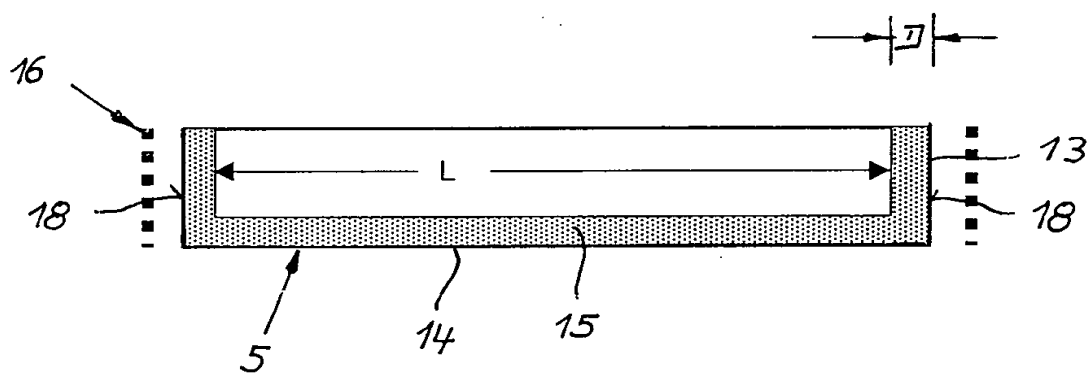


Fig. 3

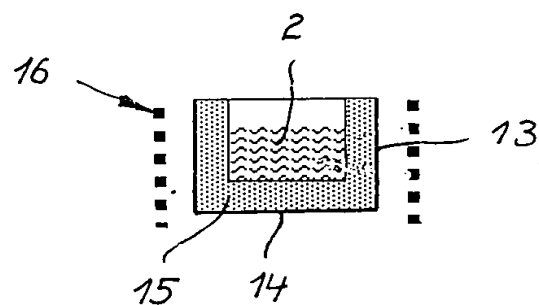


Fig. 4

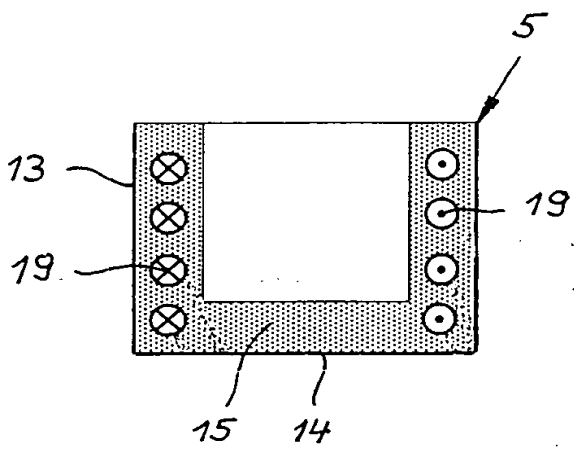


Fig. 5

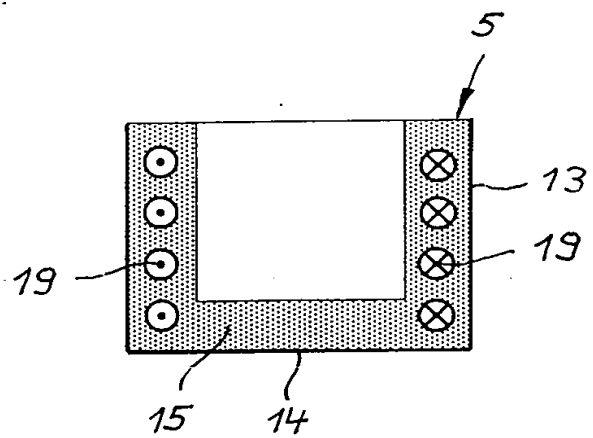


Fig. 6

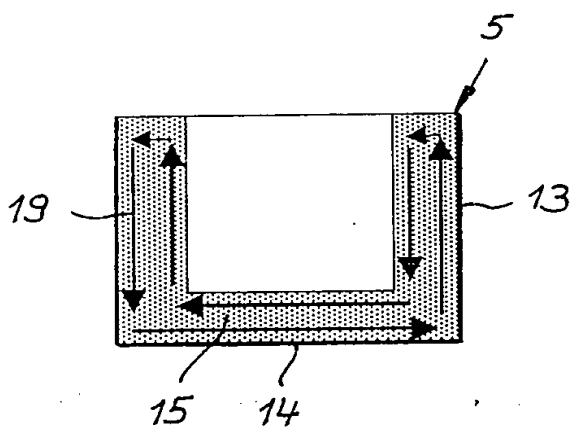


Fig. 7

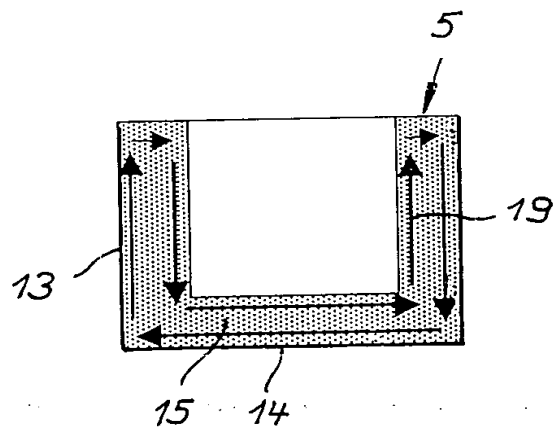


Fig. 8

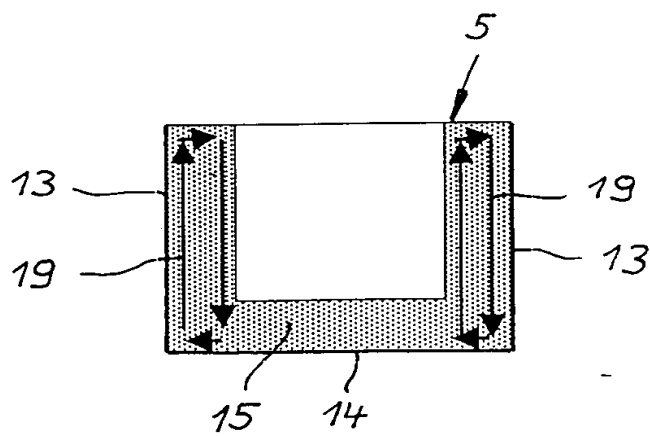


Fig. 9